前花青素对断奶仔猪生长性能和血清抗氧化、免疫及生化指标的影响

池圣清　张　洁　汪燕秋　吴丽云　吴家荣　俞道进*

(福建农林大学动物科学学院，福州 350002）

摘　要：本试验旨在研究饲粮中添加前花青素对断奶仔猪生长性能和血清抗氧化、免疫及生化指标的影响。选取平均 23 日龄的断奶仔猪 120 头，随机分成 4 组（对照组及试验Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ组），每组 3 个重复，每个重复 10 头。对照组饲喂基础饲粮，试验组分别在基础饲粮中添加 50、100 和 150 mg/kg 前花青素。试验预试期 7 d，正试期 30 d。结果表明：1)与对照组相比，试验Ⅰ、Ⅱ组仔猪平均日增重显著或极显著提高（P<0.05 或 P<0.01）；各试验组仔猪腹泻率均极显著降低（P<0.01），且试验Ⅱ组腹泻率最低。2）与对照组相比，各试验组血清总抗氧化能力显著提高（P<0.05），其中试验Ⅱ组显著高于试验Ⅰ、Ⅲ组（P<0.05）；各试验组血清丙二醛含量显著降低、超氧化物歧化酶活性显著提高（P<0.05），且 3 组间差异不显著（P>0.05）。3）与对照组相比，试验Ⅱ组血清免疫球蛋白 G 和补体 3 含量显著提高（P<0.05）；各试验组血清补体 4 含量显著提高（P<0.05），且 3 个试验组间差异不显著（P>0.05）。4）与对照组相比，各试验组血清甘油三酯和尿素氮含量显著或极显著降低（P<0.05 或 P<0.01），试验Ⅱ组血清白蛋白含量极显著提高（P<0.01），其他血清生化指标各组间差异不显著（P>0.05）。结果提示：在断奶仔猪饲粮中添加前花青素可提高仔猪的日增重，降低腹泻率，改善血清抗氧化能力并提高免疫力，添加量以 100 mg/kg 为宜。

关键词：前花青素；断奶仔猪；生长性能；抗氧化；血清生化指标

中图分类号：S816.7

现代集约化生产中仔猪的断奶应激一直是困扰养猪业的生产难题，断奶后哺乳仔猪突然转变饲喂方式会造成采食量下降、生长速度缓慢、免疫力降低以及感染疾病，导致仔猪的腹泻发生率剧增。为了达到防病和促进仔猪生长的目的，养殖户会通过饮水或者在饲粮中添加抗生素来减少对仔猪断奶的应激。但抗生素的大肆使用，导致病原菌对药物的耐药性越来越强，畜产品的药物残留以及农业生态环境污染等问题日趋

收稿日期：2016－10－13 基金项目：国家自然科学基金项目(31272606)

作者简介：池圣清(1987—)，男，福建福州人，硕士研究生，从事兽医药理学研究。E-mail: 274174779@qq.com

*通信作者：俞道进，教授，硕士生导师，E-mail: daojinyu@yeah.net

严重，亟需解决。目前国家在大力倡导无公害农产品，因此能否在纯天然的植物中提取一种无毒无害物质添加到饲粮中，以减少断奶对哺乳仔猪的应激已成为了当前研究的热点。仔猪在断奶时快速生长产生了大量的自由基，前花青素（又称原花青素）是植物中广泛存在的一类多酚化合物的总称，可以清除动物体内的自由基、缓解氧化应激并提高生长速度。前花青素由不同数量的儿茶素或表儿茶素缩合而成，最简单的是儿茶素、表儿茶素或儿茶与表儿茶素形成的二聚体，此外还有三聚体和四聚体等直至十聚体。按聚合度的大小，通常将二~四聚体称为低聚体，简称 OPC；将五聚体以上称为高聚体，简称 PPC。在各类前花青素中，二聚体分布最广，研究的最多。二聚体前花青素结构见图 1。研究表明前花青素具有超强的抗氧化活性，可减少氧化损伤，提高机体免疫力，调节消化酶活性，避免抗生素滥用所带来的病原菌耐药性、畜产品药物残留等问题[1]。本试验旨在通过在饲粮中添加从天然植物中提取出的前花青素，研究其对断奶仔猪生长性能、免疫力以及抗氧化能力的影响，从而改善仔猪断奶应激。

1　材料与方法

1.1　试验材料

前花青素是从海岸松树皮中提取纯化的，含量大于 85%。具体是将海岸松树皮碾碎后于 95%的乙醇混合，常温浸提 3 h，抽滤，减压蒸馏并在真空旋转仪上浓缩再与二氧化硅以一定的比例混合，干燥，密封备用[2]。

RT–9900 半自动生化分析仪（深圳雷杜生命科学有限公司）；VIS–7200 型可见光分光光度计（上海美普达仪器有限公司）；OLYMPUS AU2700 型全自动化学免疫分析仪（OLYMPUS 公司）：Sk–1 快速混匀器（金坛市科析仪器有限公司）；HH–2 数显恒温水浴锅（国华电器有限公司）。

图 1　二聚体前花青素结构

Fig.1　Structure of dimeric proanthocyanidins

1.2　试验动物与设计

选择生长发育良好的平均日龄为 23 d，体重接近，公（阉）、母相当的“杜×长×大”三元杂交仔猪 120 头，随机分为 4 组（对照组和试验Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ组，对照组饲喂基础饲粮，试验组在基础饲粮基础上分别添加 50、100 和 150 mg/kg 前花青素），每组 3 个重复，每个重复 10 头猪。试验期间所有猪只自由采食颗粒料，自由饮水，并按照猪场常规管理程序进行驱虫与免疫防疫。试验预试期 7 d，正试期 30 d。基础饲粮参照 NRC（2012）营养需要配制，其组成及营养水平见表 1。

表 1　基础饲粮组成及营养水平（干物质基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of the basal diet　（DM basis）　%

项目 Items	第 1 阶段（30~45 日龄） Phase 1　（30 to 45 days of age）	第 2 阶段（46~60 日龄） Phase 2　（46 to 60 days of age）
原料 Ingredients		
玉米 Com	53.0	60.0
豆粕 Soybean meal	6.0	11.0
膨化全脂大豆 Extruded full-fat soybean	13.0	11.0
乳清粉 Dried whey	12.0	6.0
血浆蛋白粉 Plasma protein powder	5.0	
鱼粉 Fish meal	3.5	5.
柠檬酸 Citric acid	1.5	1.
白糖 Sugar	2.0	2.
预混料 Premix[1)]	4.0	4.
合计 Total	100.0	100.0
营养水平 Nutrient levels[2)]		

消化能 DE/(MJ/kg)	14.07	13.96
粗蛋白质 CP	18.00	17.00
赖氨酸 Lys	1.30	1.15
蛋氨酸 Met	0.35	0.34
苏氨酸 Thr	0.87	0.74
色氨酸 Try	0.24	0.21
钙 Ca	0.83	0.78
有效磷 AP	0.68	0.65

1)预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of diets：VA 15 000 IU,VD_3 8 000 IU,VE 60 IU,VK 2.5 IU,VB_1 30 mg,VB_2 10 mg,VB_6 30 mg,VB_{12} 30 μg,烟酸 nicotinic acid 260 mg,*D*–泛酸 *D*-pantothenic acid 250 mg,叶酸 folic acid 1.2 mg,氯化胆碱 choline chloride 500 mg,生物素 biotin 1.4 mg,Cu (as copper sulfate) 50 mg,Fe (as ferrous sulfate) 120 mg,Mn (as manganese sulfate) 40 mg,Zn (as zinc sulfate) 80 mg,I（as potassium iodide）0.6 mg,Se (as sodium selenite) 0.3 mg。

2)消化能为计算值，其余为实测值。DE was a calculated value, while the others were measured values.

1.3 样品采集及指标的测定

1.3.1 生长性能测定

试验猪在试验开始和结束时分别逐只空腹称重，用以计算平均日增重（ADG），试验期间记录各组的日采食量用以计算各组的平均日采食量（ADFI）和料重比（F/G）。在试验期间每天观察仔猪的精神状态、记录仔猪腹泻数，用以计算腹泻率。

腹泻率（%）＝［（每天腹泻头数×腹泻天数）/（试验猪头数×试验天数）］×100。

1.3.2 血样的采集与处理

在试验结束时，每组选择 5 头猪采血，前腔静脉采血 4~5 mL 置于空离心管，经 3 500 r/min 离心 10 min，分离血清，取上清液于－20 ℃保存待测。

1.3.3 免疫指标测定

免疫球蛋白 G（IgG）和补体 3（C3）、补体 4（C4）含量均采用免疫比浊法测定，试剂盒均购自浙江伊利康生物技术有限公司，测试仪器为 RT–9900 半自动生化分析仪，具体操作步骤按试剂盒说明书进行。

1.3.4 生化指标测定

血清甘油三酯（TG）、总蛋白（TP）、白蛋白（ALB）、肌酐（CR）和尿素氮（UN）含量以及碱性磷酸酶（ALP）、谷草转氨酶（AST）和谷丙转氨酶（ALT）活性由福州市空军医院检验科协助检测，试剂盒均购自北京利德曼生化股份有限公司，测定仪器为 OLYMPUS AU2700 型全自动化学免疫分析仪。

1.3.5 抗氧化指标测定

超氧化物歧化酶（SOD）活性用黄嘌呤氧化酶法测定，丙二醛（MDA）含量采用硫代巴比妥酸法测定，总抗氧化能力（T-AOD）用 Fe^{3+}还原法测定。过氧化氢酶（CAT）和谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-Px）活性采用比色法测定，试剂盒均购自南京建成生物工程研究所，测试仪器为 VIS–7200 型可见光分光光度计，具体操作步骤按试剂盒说明书进行。

1.4 数据统计分析

试验数据用平均值±标准差表示，采用 SPSS 19.0 软件进行单因子方差分析（one-way ANOVA），LSD 和 Duncan 氏法进行多重比较。P<0.05 为差异显著，P<0.01 为差异极显著。

2 结果与分析

2.1 前花青素对断奶仔猪生长性能的影响

由表 2 可知，与对照组相比，试验组 ADG 分别提高了 17.24%（P<0.05）、17.87%（P<0.01）和 8.92%（P>0.05）；与对照组相比，试验组腹泻率分别降低了 49.54%（P<0.01）、56.27%（P<0.01）和 52.29%（P<0.01），且 3 个试验组间均差异不显著（P>0.05），相比之下试验 II 组的仔猪腹泻率最低；各组 ADFI 以及 F/G 之间没有显著差异（P>0.05）。

表 2 前花青素对断奶仔猪生长性能的影响

Table 2 Effects of proanthocyanidins on growth performance of weaned piglets

项目 Items	对照组 Control group	试验Ⅰ组 Experimental group Ⅰ	试验Ⅱ组 Experimental group Ⅱ	试验III组 Experimental group III
始重 Initial body weight/kg	6.93±0.74	7.01±0.99	7.07±0.88	7.03±1.07
末重 Final body weight/kg	17.39±2.49^{Bb}	19.26±2.09^{ABa}	19.38±2.09^{Aa}	18.81±2.38^{ABab}
平均日采食量 ADFI/g	619.63±39.93	648.34±58.92	669.15±5.21	654.74±23.74
平均日增重 ADG/g	348.28±73.01^{Bc}	408.33±54.26^{ABab}	410.53±54.42^{Aa}	379.35±68.03^{Bc}
料重比 F/G	1.78±0.01	1.59±0.11	1.63±0.04	1.72±0.08
腹泻率 Diarrhea rate/%	3.27±0.53^{Aa}	1.65±0.21^{Bb}	1.43±0.54^{Bb}	1.56±0.27^{Bb}

同行数据肩标无字母或相同小写字母表示差异不显著（*P*>0.05），不同小写字母表示差异显著（*P*<0.05），不同大写字母表示差异极显著（*P*<0.01）。下表同。

In the same row, values with no letter or the same small letter superscripts mean no significant difference (*P*>0.05), while with different small letter superscripts mean significant difference (*P*<0.05), and with different capital letter superscripts mean extremely significant difference (*P*<0.01). The same as below.

2.2 前花青素对断奶仔猪血清抗氧化指标的影响

由表 3 可知，与对照组相比，试验组血清 T-AOC 均显著高于对照组（*P*<0.05），但是没有呈现出递增的变化，试验Ⅱ组的血清 T-AOC 显著高于试验Ⅰ、III组（*P*<0.05）；与对照组相比，试验Ⅰ、Ⅱ、III组血清 MDA 含量分别降低了 19.03%（*P*<0.05）、26.30%（*P*<0.05）、21.11%（*P*<0.05），3 个试验组间差异均不显著（*P*>0.05）；与对照组相比，试验Ⅰ、Ⅱ、III组血清 SOD 活性分别提高了 22.86%（*P*<0.01）、26.32%（*P*<0.01）、24.93%（*P*<0.01），3 个试验组间差异不显著（*P*>0.05）；各组血清 CAT、GSH-Px 活性差异不显著（*P*>0.05）。

表 3 前花青素对断奶仔猪血清抗氧化指标的影响

Table 3 Effects of proanthocyanidins on serum antioxidant indices of weaned piglets

项目 Items	对照组 Control group	试验Ⅰ组 Experimental group Ⅰ	试验Ⅱ组 Experimental group Ⅱ	试验Ⅲ组 Experimental group Ⅲ
总抗氧化能力 T-AOC/(U/mL)	4.18±1.34[c]	5.08±0.78[b]	5.64±1.20[a]	5.13±1.09[b]
丙二醛 MDA/(nmol/mL)	5.78±0.32[a]	4.68±0.35[b]	4.26±0.29[b]	4.56±0.48[b]
超氧化物歧化酶 SOD/(U/mL)	47.38±4.47[Bb]	58.21±2.40[Aa]	59.85±3.15[Aa]	59.19±3.41[Aa]
过氧化氢酶 CAT/(U/mL)	6.36±1.26	6.78±1.34	6.88±1.59	7.23±1.17
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/mL)	326.73±31.16	338.75±30.58	347.53±32.11	336.25±33.42

2.3 前花青素对断奶仔猪血清免疫指标的影响

由表 4 可知，饲粮中添加前花青素对断奶仔猪血清 IgG、C3 和 C4 含量均有一定的影响。与对照组相比，试验Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ组血清 IgG 含量分别提高了 10.88%（P>0.05）、24.49%（P<0.05）、9.75%（P>0.05），3 个试验组间差异不显著（P>0.05）；与对照组相比，试验Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ组血清 C3 含量分别提高了 4.17%（P>0.05）、14.58%（P<0.05）、6.25%（P>0.05），试验Ⅱ组与试验Ⅰ、Ⅲ组相比差异显著（P<0.05）；与对照组相比，试验Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ组血清 C4 含量分别提高了 25%（P<0.05）、25%（P<0.05）、50%（P<0.05），3 个试验组间差异不显著（P>0.05）。

表 4 前花青素对断奶仔猪血清免疫指标的影响

Table 4 Effects of proanthocyanidins on serum immune indices of weaned piglets

项目 Items	对照组 Control group	试验Ⅰ组 Experimental group Ⅰ	试验Ⅱ组 Experimental group Ⅱ	试验Ⅲ组 Experimental group Ⅲ
免疫球蛋白 G IgG/（mg/mL）	4.41±0.18[b]	4.89±0.15[ab]	5.49±0.15[a]	4.84±0.22[ab]
补体 3 C3/（g/L）	0.48±0.01[b]	0.50±0.02[b]	0.55±0.02[a]	0.51±0.08[b]

补体 4 C4/（g/L）	0.04±0.01[b]	0.05±0.01[a]	0.05±0.00[a]	0.06±0.01[a]

2.4　前花青素对断奶仔猪血清生化指标的影响

由表 5 可知，与对照组相比，随着前花青素添加量的增加，试验组血清 TG、UN、CR 含量及 ALT 活性均有所降低，其中试验Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ组 TG 含量分别降低了 25.00%（*P*<0.01）、33.82%（*P*<0.01）、30.88%（*P*<0.01），试验组间差异不显著（*P*>0.05）；UN 含量分别降低了 17.63%（*P*<0.05）、21.15%（*P*<0.01）、28.53%（*P*<0.01），试验组间差异不显著（*P*>0.05）；CR 含量分别降低了 0.48%、4.56%、8.13%，ALT 活性分别降低了 2.69%、7.74%、4.53%，但差异均未达显著水平（*P*>0.05）。与对照组相比，随着前花青素添加量的增加，试验组血清 TP、ALB 含量及 ALP、AST 活性有所提高，其中试验Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ组 ALB 含量分别提高了 7.93%（*P*>0.05）、19.39%（*P*<0.01）、16.17%（*P*<0.05）；ALP 活性分别提高了 5.08%、8.07%、2.87%；TP 含量分别提高了 2.74%、7.24%、3.01%；AST 活性分别提高了 5.44%、2.17%、9.62%，但差异均未达显著水平（*P*>0.05）。

表 5　前花青素对断奶仔猪血清生化指标的影响

Table 5　Effects of proanthocyanidins on serum biochemical indices of weaned piglets

项目 Items	对照组 Control group	试验Ⅰ组 Experimental group Ⅰ	试验Ⅱ组 Experimental group Ⅱ	试验Ⅲ组 Experimental group Ⅲ
甘油三酯 TG/(mmol/L)	0.68±0.09[Aa]	0.51±0.11[Bb]	0.45±0.07[Bb]	0.47±0.07[Bb]
碱性磷酸酶 ALP/(U/L)	275.33±34.67	289.33±23.45	297.56±18.90	283.22±29.96
尿素氮 UN/(mmol/L)	3.12±0.13[Aa]	2.57±0.37[ABb]	2.46±0.29[Bb]	2.23±0.41[Bb]
总蛋白 TP/(g/L)	40.87±1.69	41.99±2.99	43.83±4.04	42.10±2.00
白蛋白 ALB/(g/L)	26.10±1.85[Bb]	28.17±3.31[Bb]	31.16±1.58[Aa]	30.32±1.62[ABa]
肌酐 CR/(mmol/L)	78.47±6.17	78.09±8.82	74.89±5.03	72.09±10.05
谷草转氨酶 AST/(U/L)	52.00±10.14	54.83±6.65	53.13±8.32	57.00±5.62

谷丙转氨酶 ALT/(U/L)	57.89±9.61	56.33±9.50	53.41±9.56	55.27±7.15

3 讨 论

3.1 前花青素对断奶仔猪生长性能的影响

前花青素促进生长效果显著，对断奶仔猪增重明显，试验仔猪大小比较均匀，生长发育良好，疾病发生率比较低，且能够显著地降低料重比，从而降低生产成本，提高经济效率[3]。赵娇等[4]在饲粮中添加前花青素虽然对断奶仔猪的 ADFI、ADG 和 F/G 影响不显著，但是能够提高应激后仔猪的 ADFI，并且能够在一定程度上缓解应激仔猪饲料转化率的下降。杨金玉等[5]在葡萄前花青素对肉鸡生长性能影响的研究中发现，前花青素能够显著降低 6 周龄肉仔鸡的采食量，提高饲料效率，并且可以显著改善生产后期饲料的利用率。本试验结果显示，饲粮中添加前花青素可以显著提高断奶仔猪 ADG，进一步说明了前花青素对断奶仔猪生长具有促进作用。此外，本试验中，试验组断奶仔猪腹泻率极显著下降。这与 Mittal 等[6]研究葡萄籽前花青素通过降低肠道通透性、提高抗氧化指数从而降低大鼠断奶后的腹泻率的结果相似。前花青素对断奶仔猪料重比以及采食量的影响不大，可能原因是前花青素呈淡棕色粉末且味涩[7]，饲粮中添加大剂量前花青素可能使饲粮的适口性降低，导致仔猪采食量没有显著变化。

3.2 前花青素对断奶仔猪血清抗氧化能力的影响

血清中的抗氧化指标包括 SOD、GSH-Px、CAT 活性和 T-AOC，而 MDA 含量是最常用的测定脂质过氧化的指标[8]。仔猪早期断奶会引起一系列的应激反应，如肠道功能受损、免疫力和抗氧化力下降、饲料利用率降低、生长停滞及腹泻率、发病率和死亡率升高。前花青素具有超强的抗氧化能力，本试验中添加不同剂量的前花青素使得血清 T-AOC 显著升高，而 T-AOC 反映了非酶系统的抗氧化力，可有效地降低断奶仔猪的氧化应激；试验组血清 SOD 活性极显著升高，SOD 能有效地清除过量的自由基，使断奶仔猪避免遭受长期慢性的过氧化损伤缓解断奶失重；试验组血清 CAT、GSH-Px 活性提高效果不显著，但是可以清除 H_2O_2，减轻并阻断氧化应激反应引起的损伤；此外，经过一系列的抗氧化应激，试验组血清 MDA 含量与对照组相比显著降低，可见断奶仔猪饲粮中添加适量的前花青素可以提高仔猪抗氧化能力，保护组织免受氧化损伤。Kim 等[9]研究表明前花青素能够诱导还原叔丁基过氧化氢氧化损伤的 HepG2 细胞；赵娇等[4]研究指出，饲

粮添加 100 mg/kg 的前花青素能够显著提高应激仔猪血清和肝脏 T-AOC，提高血清 SOD 活性和抗羟基自由基能力，改善血清 GSH-Px 活性；彭亮等[10]研究认为葡萄籽粉能显著提高老龄大鼠体内的 SOD 和 GSH-Px 活性，降低体内 MDA 含量。本试验与上述研究结果一致。

3.3　前花青素对断奶仔猪血清免疫指标的影响

仔猪早期免疫系统尚不完善，直到 5 周龄时自身的免疫系统才会逐渐健全。因此在断奶前 2 周仔猪极易感染疾病。免疫系统的激活会使自由基含量升高[11]，这些自由基会削弱免疫系统的功能，因此，饲粮添加抗氧化剂通过清除自由基有利于免疫力的提高。此外，类黄酮对各种免疫和炎症细胞功能有直接促进作用[12]。前花青素是生物黄酮类一族，具有增强机体的非特异免疫功能和体液免疫功能，可提高机体中相应的免疫球蛋白的含量；还具有抗菌、消炎、抗病毒的作用，对断奶应激的仔猪易发的急性链球菌感染有一定的抵抗作用。本试验研究表明，饲粮中添加 50、100 和 150 mg/kg 前花青素能够使断奶仔猪血清中的 IgG、C3、C4 含量升高，说明前花青素作为饲料添加剂有利于增强断奶仔猪的免疫力。这与杨金玉[13]在饲粮中添加前花青素提高了 B 淋巴细胞转化率，可能是因为球虫入侵破坏了肠道黏膜屏障，引起病原微生物的大量入侵，激活体液免疫，促进 B 淋巴细胞分泌抗体，有利于机体预防球虫感染引起的继发疾病结果相近。郝瑞荣等[14]在饲粮中添加 100 或 150 mg/kg 的高粱前花青素均显著地提高了仔猪血清 IgG、免疫球蛋白 M（IgM）、C3、C4 和白细胞介素–2（IL-2）的含量，且不仅增强了仔猪免疫力，还提高了仔猪的抗氧性能力，并降低了断奶腹泻率，这也与本研究结果相似。

3.4　前花青素对断奶仔猪血清生化指标的影响

前花青素具有很强的抗氧化能力，能够清除自由基，保护组织免受氧化损伤，从而提高机体的免疫力；其抗菌、消炎、抗病毒的作用有效地降低了断奶仔猪在母源抗体水平、自身细胞免疫和体液免疫水平较低时所引起的应激，缓解了断奶仔猪因应激表现出的腹泻、拒食、生长停滞甚至死亡的损耗，使断奶仔猪处于平稳健康状态。本试验发现，随着前花青素添加量的增加，试验组血清 TP、ALB 含量以及 ALP、AST 活性有所提高，血清 TG、UN、CR 含量及 ALT 活性有所降低。这与葛洪伟等[15]研究发现松针提取物能显著提高仔猪血清 TP、ALB、球蛋白含量以及 AST、ALT 活性，显著降低血清 MDA 含量的结果相仿。

4 结 论

饲料中添加前花青素能有效地提高断奶仔猪的抗氧化能力和免疫力，降低腹泻率，在一定程度上提高生长性能，添加量以 100 mg/kg 为宜。

参考文献：

[1] 赵家奇,郝瑞荣,高俊杰,等.葡萄籽原花青素对断奶仔猪免疫力和抗氧化功能的影响[J].山西农业大学学报:自然科学版,2016,36(10):735–739.

[2] 陈佳铭,杨再,黄晓兰,等.制作前花青素饲料添加剂的研究总结[J].饲料与畜牧,2006(5):29–31.

[3] 黄顺捷,张群欢,陈学敏,等.前花青素饲料添加剂对断奶仔猪增重的试验[J].中兽医学杂志,2013(1):8–9.

[4] 赵娇,周招洪,梁小芳,等.葡萄籽原花青素及维生素 E 对氧化应激仔猪生长性能、血清氧化还原状态和肝脏氧化损伤的影响[J].中国农业科学,2013,46(19):4157–4164.

[5] 杨金玉,张海军,王晶,等.葡萄原花青素对感染柔嫩艾美尔球虫肉仔鸡生长性能和免疫功能的影响[J].动物营养学报,2016,28(9):2802–2811.

[6] MITTAL A,ELMETS C A,KATIYAR S K.Dietary feeding of proanthocyanidins from grape seeds prevents photocarcinogenesis in SKH-1 hairless mice:relationship to decreased fat and lipid peroxidation[J].Carcinogenesis,2003,24(8):1379–1388.

[7] 卢俊姣,翟少伟,刘伟.原花青素的生理功能及其在动物生产中的应用前景[J].广东饲料,2012,21(8):25–27.

[8] SHI Y H,WANG J,GUO R,et al.Effects of alfalfa saponin extract on growth performance and some antioxidant indices of weaned piglets[J].Livestock Science,2014,167:257–262.

[9] KIM Y,CHOI Y,HAM H,et al.Protective effects of oligomeric and polymeric procyanidin fractions from defatted grape seeds on *tert*-butyl hydroperoxide-induced oxidative damage in HepG2 cells[J].Food Chemistry,2013,137(1/2/3/4):136–141.

[10] 彭亮,傅伟忠,姚思宇,等.葡萄籽粉对自然衰老大鼠的抗氧化作用研究[J].中国卫生检验杂志,2012,22(10):2376–2378.

[11] CATONI C,PETERS A,SCHAEFER H M.Life history trade-offs are influenced by the diversity,availability and interactions of dietary antioxidants[J].Animal Behaviour,2008,76(4):1107–1119.

[12] 李怡.柑橘果皮醇提取物不同极性部位抗氧化、抗炎活性研究[D].硕士学位论文.重庆:西南大学, 2015.

[13] 杨金玉.葡萄原花青素对球虫感染肉仔鸡的调控作用及机理[D].硕士学位论文.北京:中国农业科学院,2015.

[14] 郝瑞荣,高俊杰,王伟伟,等.高粱原花青素对断奶仔猪生长性能和免疫力及抗氧化功能的影响[J].中国畜牧杂志,2015,51(13):66–70.

[15] 葛洪伟,覃子榕,韦宗海,等.松针提取物对断奶仔猪生长性能和血清生化指标的影响[J].养猪,2015(3):33–35.

Effects of Proanthocyanidins on Growth Performance, Serum Indices about Antioxidant, Immune and Biochemistry of Weaned Piglets

CHI Shengqing　ZHANG Jie　WANG Yanqiu　WU Liyun　WU Jiarong　YU Daojin*

（*College of Animal Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou* 350002, *China*）

Abstract: This trial was conducted to investigate the effects of dietary proanthocyanidins on growth performance and serum indices about antioxidant, immune and biochemistry of weaned piglets. A total of 120 weaned piglets with the age of 23 days were randomly assigned to 4 groups (control group and experimental groups Ⅰ, Ⅱ and Ⅲ) with 3 replicates each and 10 pigs in each replicate. Pigs in the control group were fed a basic diet and the others in experimental groups were fed diets supplemented with 50, 100 and 150 mg/kg proanthocyanidins in the basal diet, respectively. The trial lasted for 30 days after 7 days adaption. The results showed as follows: 1) compared with the control group, the average daily gain of pigs in experimental groups Ⅰ and Ⅱ was significantly increased ($P<0.05$ or $P<0.01$), and the diarrhea rate of pigs in all experimental groups was extremely significantly decreased ($P<0.01$) with the lowest value in experimental group Ⅱ. 2) Compared with the control group, serum total antioxidant capacity in experimental groups was significantly increased ($P<0.05$), which in experimental group Ⅱ was significantly

higher than that in experimental groups Ⅰ and Ⅲ (P<0.05). Serum malonaldehyde content was significantly decreased and superoxide dismutase activity was significantly increased in all experimental groups compared with the control group (P<0.05), and there were no significant differences among three experimental groups in both indices (P>0.05). 3) Compared with the control group, serum contents of immunoglobulin G and complement 3 in experimental group Ⅱ were significantly increased (P<0.05), serum complement 4 content in all experimental groups was significantly increased (P<0.05) with no significant differences among them (P>0.05). 4) Compared with the control group, serum contents of triglyceride and urea nitrogen were significantly decreased (P<0.05 or P<0.01), serum albumin content in experimental group Ⅱ was extremely significantly increased (P<0.01), and there were no significant differences among all groups in the other serum biochemical indices (P>0.05). In conclusion, dietary proanthocyanidins can increase daily gain, decrease diarrhea rate, promote serum antioxidant capacity and enhance immunity of weaned piglets, and the optimal supplemental level is 100 mg/kg.

Key words: proanthocyanidins; weaned piglets; growth performance; antioxidant; serum biochemical indices

---

*Corresponding author, professor, E-mail: daojinyu@yeah.net (责任编辑　田艳明)